



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

ANDERSON DOMICIANO DA NÓBREGA DANTAS

**DIMENSIONAMENTO DE TANQUES PARA UMA MICRO CERVEJARIA COM
PRODUÇÃO DE 500L POR BATELADA**

João Pessoa

2017

ANDERSON DOMICIANO DA NÓBREGA DANTAS

**DIMENSIONAMENTO DE TANQUES PARA UMA MICRO CERVEJARIA COM
PRODUÇÃO DE 500L POR BATELADA**

Trabalho Final de Curso submetido à
Universidade Federal da Paraíba, Centro de
Tecnologia, para obtenção do título de
Engenheiro Químico.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva

João Pessoa

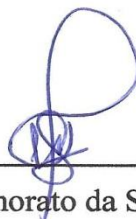
2017

ANDERSON DOMICIANO DA NÓBREGA DANTAS

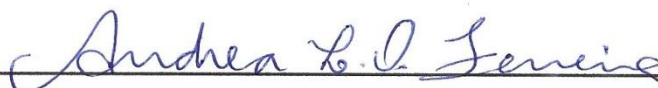
**DIMENSIONAMENTO DE TANQUES PARA UMA MICRO CERVEJARIA COM
PRODUÇÃO DE 500L POR BATELADA**

Trabalho Final de Curso submetido à
Universidade Federal da Paraíba, Centro de
Tecnologia, para obtenção do título de
Engenheiro Químico.

Trabalho Final de Curso, aprovado em: 16/11 / 2017



Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva (UFPB/CT/DEQ)
Orientador



Profa. Dra. Andréa Lopes de Oliveira Ferreira (UFPB/CT/DEQ)
Examinadora



Profa. Dra. Sharline Florentino de Melo Santos (UFPB/CT/DEQ)
Examinadora

João Pessoa
2017

2017 Dantas, Anderson Domiciano da Nóbrega

Dimensionamento de tanques para uma micro cervejaria com produção de 500L por batelada./ Anderson Domciano da Nóbrega Dantas. – João Pessoa, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Química) Campus I
- UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Cerveja artesanal; 2. Dimensionamento; 3. Cervejaria; 4. Layout.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força em forma de fé que dias melhores virão, após duras batalhas diárias em busca de um futuro melhor.

Em especial, agradeço à pessoa mais importante da minha vida, minha mãe, Sônia Maria, que não mediu esforços e dedicação para realizar o sonho de ver seu filho mais velho concluindo uma etapa tão importante da vida. Educou através do exemplo, sendo íntegra e batalhadora, sendo uma das grandes motivações para que eu seguisse firme durante a trajetória.

Aos meus irmãos mais novos, Jefferson, Jacyara, Duda Jr., Maria Júlia e Davi, por todo carinho e amor que eles têm por mim pois, com toda certeza, é recíproco. Vocês também são inspiração para mim, amo cada um de vocês!

Aos meus pais, Antônio Domiciano (biólogo) e José Duda (padrasto), que sempre considerei e respeitei de maneira igualitária, pelos bons exemplos, por serem figuras que me espelho e tenho imensa gratidão e carinho.

À minha namorada, Hayssa, por estar ao meu lado durante boa parte desse tempo, por ser um dos pilares de sustentação nos momentos de tribulação e dificuldades, por me apoiar de uma maneira única com amor, carinho, atenção, dedicação e companheirismo, a qual quero carregar ao meu lado durante toda a vida.

A todos os meus tios e tias, tanto maternos quanto paternos, que sempre participaram ativamente da minha vida e me ajudaram muito neste caminho, contribuindo sempre com conselhos, conversas, exemplos e uns almocinhos em suas casas, os famosos 0800! Em especial a dois nomes: Tia Terezinha e Tia Célia, por terem me acolhido em suas residências aqui na cidade de João Pessoa e, além disso, pelo carinho que elas têm por mim. Sem vocês eu não teria conseguido.

A todos os primos, que também não são poucos, os quais considero como sendo sempre meus melhores amigos, alguns deles até mais que isso, como no caso especial de Hélder, Thomas, Saulo, Sibebe, Suéllen e Marianne, primos que tive um convívio maior em diferentes momentos dessa jornada, morando junto, dividindo o dia a dia, os problemas, as experiências boas e também as ruins. Em especial Helder e Thomas, pelo maior tempo de convívio e proximidade, tenham certeza que vocês são irmãos para mim. Obrigado por tudo!

Aos amigos que fiz, graças ao curso, Fernando Turrúbia (FT), Emmanuel Uchoa (Marcos), Jose Artânio (Arregão), Guilherme (Mago), Germano (Gê), Arthur (Nego), ao lado de vocês tudo ficou mais divertido e mais alegre, “tamo junto furas”!!!

Em especial aos amigos e sócios da Cerveja Philipeia, Fernando Turrúbia (FT), Emmanuel Uchoa (Marcos), Jose Artânio (Arregão), vocês têm lugar cativo no meu coração reclamão e abusado. Amo vocês!

Por fim, aos professores que conheci e tive o prazer de ser aluno durante toda a graduação. De modo singular, agradeço ao Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato, que me orientou durante 2 anos de iniciação científica e durante o TFC e ao prof. Dr. Viral Queiroz, orientador do estágio, estes me fizeram crescer bastante como estudante e como pessoa.

“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante”.

Charles Chaplin.

RESUMO

A produção de cerveja deve ter se iniciado por volta de 8.000 a.C., foi evoluindo paralelamente aos processos de fermentação de cereais e cresceu junto com as sociedades antigas estáveis. Ao longo dos anos, teve uma grande evolução no seu processo de fabricação e hoje é uma das bebidas mais apreciadas no mundo inteiro. Paralelamente, tratando-se de produção, o mercado brasileiro hoje é terceiro maior do mundo, entretanto o consumo em litros de habitante/ano ainda fica aquém comparando-se com a República Tcheca e Alemanha, por exemplo. Este potencial de crescimento vem acompanhado de uma tendência de mudança da forma como se consome cerveja no Brasil, na qual a busca pelas chamadas cervejas artesanais vem crescendo acima da média do mercado. A partir disso, foi proposto uma metodologia para o dimensionamento de tanques com capacidade de produzir 500 litros de cerveja por batelada no qual o tanque de mosturação teve como medidas (0,91m de diâmetro por 1,18m de altura, tanque de filtração 1,25m diâmetro por 0,72m altura, fervura 0,95m de diâmetro por 1,24m de altura), além da construção de um layout para a cervejaria com os equipamentos dimensionados, que foi projetada em uma área de 150m² em um terreno de 10x15m. O presente trabalho pode servir como modelo para dimensionamento de tanques com volumes diferentes, variando de tanques industriais, até produções menores, assim como para um projeto de orçamento de construção de equipamentos e para dimensionamento físico de uma fábrica na qual atendeu boas práticas de fabricação e produção, evitando o fluxo cruzado.

Palavras chave: Cerveja artesanal; Dimensionamento; Cervejaria; Layout.

ABSTRACT

Beer production must have started around 8,000 BC, evolved alongside the fermentation processes of cereals and grew along with stable old societies. Over the years, it has had a great evolution in its manufacturing process and today is one of the most appreciated drinks worldwide. At the same time, in terms of production, the Brazilian market is now the third largest in the world, however consumption in liters per year still falls short of comparing with the Czech Republic and Germany, for example. This growth potential is accompanied by a tendency to change the way that beer is consumed in Brazil, in which the search for so-called artisanal beers has been growing above the market average. From this, a methodology was proposed for the sizing of tanks with capacity to produce 500 liters of beer per batch in which the tank was measured (0.91m in diameter by 1.18m in height, a filtration tank 1,25m diameter by 0.72m height, boiling 0.95m in diameter by 1.24m in height), as well as the construction of a layout for the brewery with the dimensioned equipment, which was designed in an area of 150m² on a 10x15m lot. The present work can serve as a model for the design of tanks with different volumes, ranging from industrial tanks to smaller productions, as well as for a budget project for the construction of equipment and for the physical dimensioning of a factory in which it has met good manufacturing practices and avoid cross-flow.

Keywords: Artisanal beer; Sizing; Brewery; Layout.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Consumidor de cervejas especiais.	20
Figura 2: Compras e gastos com cervejas especiais.	20
Figura 3: Consumo de cervejas especiais.	20
Figura 4: Corte transversal de espigas de duas (a) e seis (b) fileiras.	24
Figura 5: (a) Corte Longitudinal e (b) Corte transversal do grão de cevada.	25
Figura 6: Detalhes da inflorescência do lúpulo: a) parte do eixo do cone; b) cone maduro; c) bractéola com semente e glândulas de lupulina; d) glândula de lupulina.	28
Figura 7: Lúpulo na sua forma natural, em forma de flor.	29
Figura 8: Lúpulo na forma de pellets, mais facilmente encontrado no mercado.	29
Figura 9: Fluxograma do processo de uma microcervejaria.	34
Figura 10: Sala de brassagem de uma microcervejaria.	35
Figura 11: Esboço de um fermentador cilindro-cônico.	40
Figura 12: Absorção de oxigênio para tipos de alimentação distintos	49
Figura 13: Layout da cervejaria.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição da água dos principais centros cervejeiros (ppm).....	22
Tabela 2: Especificações para três tipos de malte estrangeiro.....	26
Tabela 3: Especificações do malte brasileiro.	26
Tabela 4: Composição do grão de cevada e do malte.....	27
Tabela 5: Mudança na nomenclatura da <i>S. cerevisiae</i>	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. JUSTIFICATIVA	15
1.2. OBJETIVO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. HISTÓRIA DA CERVEJA	16
2.2. HISTÓRIA DA CERVEJA NO BRASIL	17
2.3. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	17
2.4. MERCADO	18
2.4.1. Perfil de consumo	20
2.5. MATÉRIA-PRIMA DA CERVEJA.....	21
2.5.1 Água	22
2.5.2 Malte.....	24
2.5.3 Lúpulo.....	27
2.5.4. Adjuntos	29
2.5.5. Levedura	31
2.6. ETAPAS DE PRODUÇÃO.....	34
2.6.1. Sala de fabricação ou brasagem.....	34
2.6.2 Fermentação e maturação	35
2.7. RENDIMENTO DO PROCESSO.....	36
2.7.1. Cálculo do rendimento.....	36
2.8. ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS	38
2.8.1. Tamanho dos equipamentos	38
2.8.2. Materiais dos equipamentos	38
3. METODOLOGIA.....	39
3.1. Dimensionamento do tanque fermentador.....	39

3.2. Dimensionamento do tanque de fervura.....	41
3.3. Dimensionamento do tanque de mostura.....	42
3.4. Dimensionamento do tanque de filtração	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Fermentador.....	45
4.2. Tanque de fervura.....	46
4.3. Tanque ou tina de mostura.....	47
4.4. Tanque de filtração	48
4.5 Layout da microcervejaria	50
5. CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que o homem começou a utilizar bebidas fermentadas há 30 mil anos, sendo que a produção de cerveja deve ter se iniciado por volta de 8.000 a.C. Essa bebida foi desenvolvida paralelamente aos processos de fermentação de cereais e difundiu-se lado a lado com as culturas de milho, centeio e cevada nas antigas sociedades estáveis (AQUARONE, 2005).

No Brasil, o hábito de tomar cerveja foi trazido por D. João VI, no início do século XIX, durante a permanência da família real portuguesa em território brasileiro. Nessa época, a cerveja consumida era importada de países europeus. Mais tarde, em 1888, foi fundada na cidade do Rio de Janeiro a “Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia.” e pouco depois em 1891 na cidade de São Paulo, a companhia Antártica Paulista. Passados mais de cem anos, essas duas cervejarias mantêm o domínio do mercado de cerveja no Brasil. Atualmente, as empresas se fundiram originando a Ambev, a maior empresa cervejeira do Brasil (AQUARONE, 2005).

O mercado brasileiro de cerveja é o terceiro maior do mundo, ficando atrás apenas da China e EUA. Com uma produção de mais de quase 14 bilhões de litros, o consumo médio no Brasil é de mais de 68 litros por habitante/ano. Porém se compararmos à República Tcheca, com 143 litros ou Alemanha com 106 litros por habitante/ano, ainda há espaço para o crescimento (BRESSIANI, 2017).

A produção brasileira de cerveja industrial sofreu uma baixa em 2015: caiu cerca de 20%, se se comparar ao mesmo período do ano anterior. A redução de renda do brasileiro, que diminui seu poder de compra, está diretamente ligada ao consumo de bens como a cerveja e, por consequência, à sua produção (relação de oferta e demanda). As cervejas especiais, no entanto, tiveram uma alta no consumo, suas vendas tiveram uma alta de 36%. O consumo desse tipo de cerveja se baseia em um novo hábito, em que se bebe menos, mas com maior qualidade (INNOVARE, 2016).

O DECRETO Nº 8.442, DE 29 DE ABRIL DE 2015 considera "cerveja especial - a cerveja que possuir 75% (setenta e cinco por cento) ou mais de malte de cevada, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares"; porém na literatura o termo especial é utilizado para demonstrar as cervejas que apresentam um maior cuidado no preparo e buscam

no produto final uma maior qualidade sensorial, diferente do que ocorre nas cervejas de massa.

Os consumidores das cervejas super premium ou artesanais são atraídos pela oferta de bebidas elaboradas com insumos ainda de melhor proveniência. Segundo a Associação de Brasileira dos Profissionais de Cerveja e Malte, as bebidas artesanais apresentam um grau de pureza maior, sabor mais acentuado e uma quantidade de álcool superior à média do mercado. Enquanto uma cerveja comum contém 60% de malte, a maioria das super premium apresenta um teor de malte superior a 80%. É comum também que o teor alcoólico ultrapasse os 5% das convencionais. Além disso, elas não costumam levar nem xarope de arroz nem aditivos químicos e conservantes usados para manter a validade das bebidas (PAULIN, 2011).

A variedade de produtos tem alterado o padrão de consumo e as escolhas dos consumidores. Os brasileiros estão optando por beber menos, porém melhor. E para isso, escolhem as cervejas artesanais e *premium*, consideradas cervejas especiais, que têm melhor custo-benefício (SEBRAE, 2015).

No Brasil, e pode-se dizer que no mundo, generalizando, existem duas principais frentes de produção de cerveja:

a) Grandes empresas, por vezes multinacionais, líderes de mercado, que produzem principalmente cervejas altamente populares (Pilsen), visam vendas em grandes volumes e atuam em todo ou quase todo o território do país;

b) Pequenas empresas, que procuram preencher o nicho de mercado esquecido pelas grandes (nicho representado por consumidores que procuram cervejas de alta qualidade, bem como variedades de estilos), e atuam em mercados mais regionais. São conhecidas popularmente como cervejarias artesanais ou micro cervejarias.

As duas frentes possuem importância crucial para o Brasil, pois, por um lado existem grandes empresas mostrando a força comercial do Brasil para o mundo e prestando um serviço de distribuição exemplar em um país de magnitude continental; por outro lado, existem as pequenas empresas garantindo um mercado mais diversificado, criando empregos e aquecendo economias em cenários regionais, entre outras coisas (MATOS, 2011).

Fato é que as micro cervejarias, foco deste trabalho, além de terem sua importância econômica, social e cultural, têm se mostrado uma excelente opção de negócio no atual cenário econômico brasileiro, e apesar de representarem uma fatia de mercado relativamente pequena quando comparado às grandes líderes (apenas 1,6% de marketshare), esse setor de

cervejas especiais - premium, artesanais, ou qualquer outro nome que faça alusão às cervejas oriundas desse nicho de mercado - vem crescendo mais do que o setor das cervejas voltadas para as grandes massas populacionais (MATOS, 2011).

Diante do exposto, esse trabalho foi elaborado visando obter conhecimento sobre alguns aspectos técnicos dos equipamentos básicos de uma indústria desse setor (micro cervejarias), bem como uma breve pesquisa sobre o mercado brasileiro de cervejas (perspectivas de crescimento, dificuldades, como produzir, técnicas em nível industrial, embasamento teórico).

1.1. JUSTIFICATIVA

O trabalho se justifica no fato de que o mercado de cervejas especiais vem crescendo a cada ano, acima da média nacional e acima da média do mercado de cervejas populares, ganhando, assim, importância no País e na região Nordeste e chamando atenção não só de consumidores, mas também de empreendedores, investidores e grandes empresas cervejeiras. Uma vez constatadas as evidências de aquecimento do setor, estudá-lo detalhadamente para conhecer um pouco mais sobre o projeto de seus equipamentos, bem como ganhar intimidade com o processo de produção - uma vez que o engenheiro químico pode além de participar de todo projeto dos equipamentos de uma unidade industrial, também ser responsável técnico pelo produto final - se tornam passos primordiais para o sucesso de quem almeja arriscar algum tipo de empreendimento nesse mercado.

1.2. OBJETIVO

Projetar os equipamentos básicos de uma micro cervejaria com produção de 500L por batelada e propor o layout da unidade de produção.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. HISTÓRIA DA CERVEJA

Estima-se que o homem começou a utilizar bebidas fermentadas há 30 mil anos, sendo que a produção de cerveja deve ter se iniciado por volta de 8.000 a.C. Essa bebida foi desenvolvida paralelamente aos processos de fermentação de cereais e difundiu-se lado a lado com as culturas de milho, centeio e cevada nas antigas sociedades estáveis (AQUARONE, 2005).

No Egito, a cerveja era uma bebida muito consumida, ocupando um lugar importante nos ritos religiosos. Por intermédio desta civilização que a cerveja ficou conhecida por outros povos orientais, chegando ao conhecimento da Europa e o resto o mundo (CARVALHO, 2009).

Na idade média, a produção de cerveja teve um grande impulso, devido à influência dos mosteiros, locais onde a bebida era tecnicamente melhorada. Os monges desenvolviam técnicas de fabricação, em busca de uma cerveja mais nutritiva e agradável ao paladar. O convento mais antigo a iniciar a produção de cerveja e receber, oficialmente, a autorização profissional para fabricação e venda de cerveja foi a *Weihenstephan* da Alemanha. Os beneditinos de *Weihenstephan*, é a cervejaria mais antiga do mundo ainda em funcionamento (BEERLIFE, 2016).

Dentre os povos bárbaros que ocuparam a Europa durante o Império Romano, os de origem germânica destacaram-se na arte de fazer cerveja. Na Idade Média, século XIII, os cervejeiros germânicos foram os primeiros a empregar lúpulo na cerveja, conferindo-lhes as características básicas da bebida atual (AQUARONE, 2005). A adição de lúpulo na cerveja também confere características importantes de conservante natural (CARVALHO, 2009).

Ainda na idade média, o Duque Guilherme IV da Bavária/Alemanha, aprovou o que é atualmente conhecido como a lei mais antiga do mundo sobre manipulação de alimentos, a lei alemã *Reinheitsgebot* (Lei de pureza alemã), regulamentando que a cerveja somente poderia conter três ingredientes: malte, lúpulo e água (SILVA, 2005).

Com a Revolução Industrial o modo de produção e distribuição sofreu mudanças decisivas, estabelecendo-se fábricas cada vez maiores na Inglaterra, Alemanha e Império Austro-Húngaro (AQUARONE, 2005).

Por volta de 1850, Louis Pasteur descobriu a ação dos micro-organismo responsáveis pela deterioração do produto e que podiam estar no ar, água, e nos equipamentos, graças a esse princípio, limpeza e higiene tornaram-se fundamentais dentro de uma cervejaria. O termo

Pasteurização é definido como um processo de esterilização parcial e conservação de alimentos, que consiste em submeter o alimento a uma temperatura inferior a seu ponto de ebulição e em seguida resfriar subitamente, a fim de eliminar os micro-organismo nocivos (CARVALHO, 2009).

2.2. HISTÓRIA DA CERVEJA NO BRASIL

No Brasil, o hábito de tomar cerveja foi trazido por D. João VI, no início do século XIX, durante a permanência da família real portuguesa em território brasileiro. Nessa época, a cerveja consumida era importada de países europeus (AQUARONE, 2005).

Ao contrário de alguns países americanos, no Brasil somente no século XIX começou a difundir-se o consumo da cerveja. Até então os comerciantes portugueses não tinham nenhum interesse por essa bebida, pois ela representava uma séria ameaça ao consumo de vinho que a colônia importava de Portugal (SANTOS, 1985).

Em 1888, foi fundada na cidade do Rio de Janeiro a “Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia.” e pouco depois em 1891 na cidade de São Paulo, a companhia Antártica Paulista (AQUARONE, 2005). Um dos fatos mais importantes e marcantes da indústria cervejeira do Brasil e do mundo é a criação da AmBev (fusão da Manufatura da Cervejaria Brahma e Companhia Antártica Paulista) e sua posterior fusão com a belga Interbrew, originando a chamada InBev, sendo desde 2004 é a maior produtora mundial de cervejas (FIGUEIREDO, CARVALHO, 2014).

2.3. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

No Brasil, o Ministério da agricultura é o órgão responsável pelo registro, classificação, padronização, controle, inspeção e fiscalização de bebidas alcoólicas e não alcoólicas, entre elas a cerveja.

O primeiro decreto que define o conceito de cerveja foi criado em 1997 (Decreto nº 2314/97) e diz que cerveja é uma “(...) bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”. Esse decreto, porém, foi substituído em 2009 pelo Decreto nº 6871/09, que enquanto estiver em vigor deve ser considerado pelos empresários que atuam ou pretendem atuar na fabricação de cervejas.

Outras normas importantes para o segmento são, Instrução de serviço nº 1, de 28 de janeiro de 1977. Informa sobre registro de fábrica de cerveja; Portaria nº 879, de 28 de novembro de 1975. Aprova as “normas para instalações e equipamentos mínimos para estabelecimentos de bebidas e vinagres”; Instrução Normativa nº 54, de 5 de novembro de 2001. Adota o Regulamento Técnico Mercosul de produtos de cervejaria; Lei nº 7967, de 22 de dezembro de 1989. Dispõe sobre o valor das multas por infração à legislação sanitária, altera a Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977, e dá outras providências.

2.4. MERCADO

As cervejas artesanais provenientes de micro cervejarias brasileiras têm ganhado cada vez mais espaço nas prateleiras de supermercados, nas lojas especializadas (físicas e virtuais) e em serviços de alimentação (bares e restaurantes). As micro cervejarias se caracterizam, na maior parte das vezes, pela produção de pequenas quantidades de cerveja, desenvolvidas com ingredientes especiais, maior quantidade de malte por hectolitro e em micro indústrias de origem familiar. Por conta disso, os produtos oferecidos por esse tipo de negócio são comumente chamados de “cervejas premium” ou “cervejas especiais”, e atendem consumidores que buscam bebidas diferenciadas. O mercado de cervejas artesanais está em franco crescimento e representa uma oportunidade de negócio (SEBRAE 2015).

Segundo pesquisa da Kirin Beer University, divulgada pelo Anuário de 2015 da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil), o Brasil é o 3º maior produtor de cerveja do mundo. De acordo com o Sistema de Controle de Produção de Bebidas da Receita Federal (Sicobe), de 2005 a 2014 a produção nacional de cerveja cresceu 64%. Apesar disso, os últimos dados disponibilizados pela Abrabe, em 2014, indicam que as micro cervejarias representam apenas 1% de todo o setor cervejeiro do Brasil. Porém, acredita-se em forte tendência de crescimento, principalmente pelo fato de os consumidores valorizarem cada vez mais as cervejas artesanais (SEBRAE 2015).

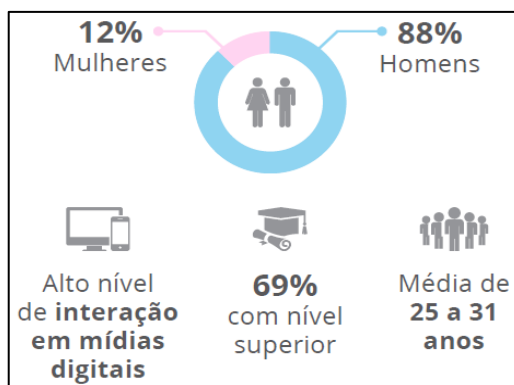
As características das regiões brasileiras em relação a esse mercado são:

- Sul e sudeste: concentram o maior número de micro cervejarias;
- Centro-oeste: está ganhando destaque e já conta com um processo de expansão significativo;
- Norte e nordeste: menos significativas, porém, com grande possibilidade de expansão, apesar de o crescimento se dar de forma mais lenta.

2.4.1. Perfil de consumo

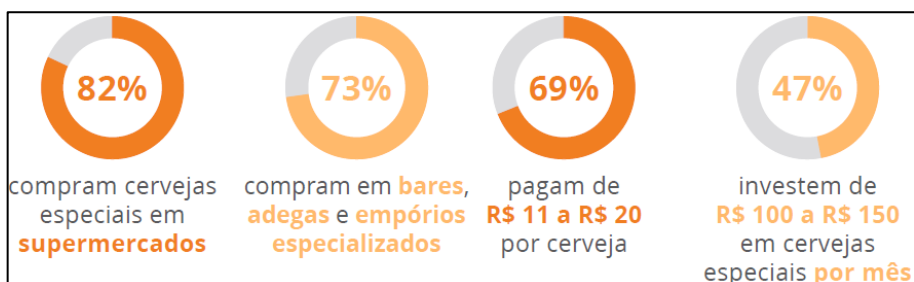
A variedade de produtos tem alterado o padrão de consumo e as escolhas dos consumidores. Os brasileiros estão optando por beber menos, porém melhor. E para isso, escolhem as cervejas artesanais e *premium*, consideradas cervejas especiais, que têm melhor custo-benefício.

Figura 1: Consumidor de cervejas especiais.



Fonte: SEBRAE, 2015.

Figura 2: Compras e gastos com cervejas especiais.



Fonte: SEBRAE, 2015.

Figura 3: Consumo de cervejas especiais.



Fonte: SEBRAE (2015).

2.5. MATÉRIA-PRIMA DA CERVEJA

A lei de pureza da cerveja, ou lei de pureza alemã (Reinheitsgebot), de 1516, estabelece que esta bebida deve ser produzida exclusivamente com malte, lúpulo e água, sem qualquer aditivo.

Entretanto com exceção feita a Alemanha, os demais países produtores, estejam eles localizados na Europa, América ou Ásia, fabricam sua cerveja com os três ingredientes básicos, acrescidos de adjuntos (AQUARONE, 2005).

2.5.1 Água

A água é um dos fatores principais a ser levando em conta e uma das principais matérias primas em relação a quantidade no processo de fabricação da cerveja, tendo em vista que sua fração no produto é em geral entre 92 a 95%. Desta forma, suas características físico-químicas são de grande importância na análise da qualidade da cerveja em geral (FIGUEIREDO, CARVALHO, 2014).

A água usada no processo de fabricação de cerveja pode ser obtida por meio da captação municipal, poço artesiano próprio ou fontes de água mineral comerciais, sendo exigido de todas elas análises que apontem aquela água como potável e própria para alimentação humana. Podendo ter sua composição química alterada pela adição de sais a fim de atender as diversas exigências da brasagem, como manter o pH na faixa onde as enzimas do malte atuam para a transformação do amido em açúcares fermentáveis; durante a fervura, promover a extração de moléculas amargas e aromáticas do lúpulo, bem como uma boa coagulação do material mucilaginoso conhecido como trub; favorecer uma fermentação asséptica; desenvolver cor e flavour característicos do tipo de cerveja a ser fabricada (CARVALHO, 2009). Os grandes centros cervejeiros da Europa desenvolveram-se onde a composição da água era apropriada para a produção de tipos específicos de cerveja (HOUGH, 1985) (AQUARONE, 2005). A tabela 1 mostra a composição mineral da água dos principais centros cervejeiros do mundo.

Tabela 1: Composição da água dos principais centros cervejeiros (ppm).

	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
Burtoun-on-Trent	54	24	352	16	820	320
Pilsen	32	8	7	5	6	37
Munique	10	19	80	1	6	333
Londres	24	4	90	18	58	123
Dublin	12	4	119	19	54	319
Dourtmund	60	23	260	106	283	549

Fonte: AQUARONE (2005).

Um ponto importante a ser ressaltado quando se fala de água na produção de cerveja é que as cervejarias necessitam não apenas de água cervejeira, mas também água para limpeza, para geração de vapor, resfriamento, etc. O gasto de água nas cervejarias varia de 4 a 10 vezes o volume de cerveja produzida (AQUARONE, 2005).

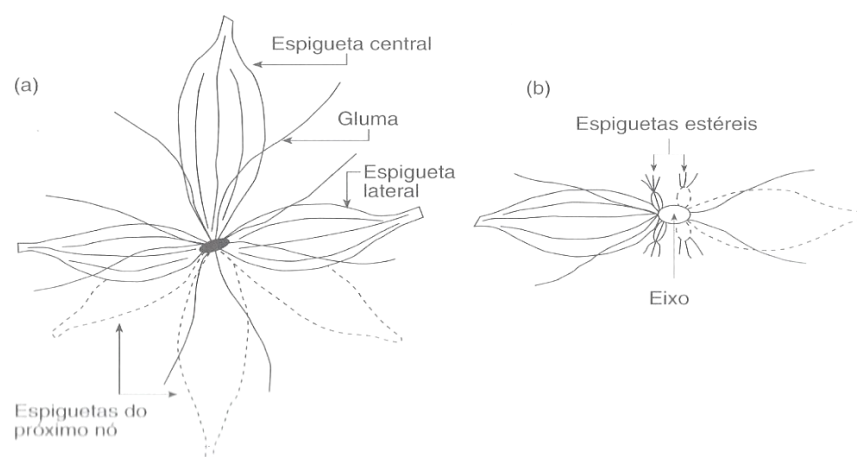
2.5.2 Malte

Tecnicamente o termo malte define a matéria-prima resultante da germinação, sob condições controladas, de qualquer cereal (cevada, arroz, milho, trigo, aveia, sorgo etc.) (VENTURINI FILHO, 2010).

O malte utilizado em cervejarias é obtido de cevada, cereal de cultivo muito antigo, utilizado em culturas neolíticas no Egito entre 6000 e 5000 anos a.C. A cevada é uma gramínea pertencente ao gênero *Hordeum* cujos grãos na espiga podem ser alinhados em duas ou seis fileiras (VENTURINI FILHO, 2010).

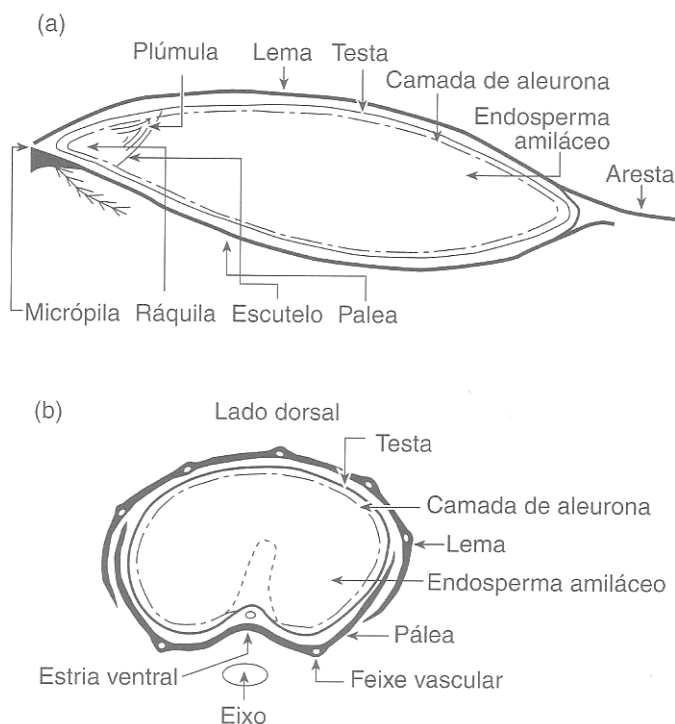
Essa diferença não é apenas morfológica. A cevada de seis fileiras quando comparada com a de duas, apresenta menor teor de amido, maior riqueza protéica (enzimática) e seus grãos são menos uniformes e possuem mais cascas. Podendo levar a cevada de seis fileiras a apresentar alguma dificuldade na produção de malte e na moagem dos grãos na cervejaria e menor rendimento na mosturação, contudo ele facilita a filtração do mosto e aceita maior proporção de adjunto na formulação da cerveja (AQUARONE, 2005). A figura 4 e a figura 5 representam o grão de cevada de algumas perspectivas ilustrando sua morfologia.

Figura 4: Corte transversal de espigas de duas (a) e seis (b) fileiras.



Fonte: AQUARONE (2005).

Figura 5: (a) Corte Longitudinal e (b) Corte transversal do grão de cevada.



Fonte: AQUARONE (2005).

Embora vários cereais possam ser satisfatoriamente maltados, cevada é a que apresenta menores dificuldades técnicas no processo de maltagem. A cevada é composta por alto teor de amido, que em outras palavras, de extrato fermentável. A proteína presente também em sua composição encontra-se em quantidade e qualidade suficiente para a nutrição das leveduras durante a fermentação, como também contribui para a formação de espuma no produto final. Vale a pena citar que apenas as melhores cevadas são utilizadas em cervejaria, cerca de nove décimos da produção mundial são utilizados para outros fins, normalmente destinados para alimentação animal (AQUARONE, 2005).

A finalidade fundamental da maltagem no grão de cevada é elevar o conteúdo enzimático dos grãos através da síntese de amilases, proteases, glucanases, etc., aumentando assim o seu poder diastático. Durante a fase de mostruação, na produção de cerveja, essas enzimas atuarão como catalizadores das reações de quebra das macromoléculas (proteínas, amido, glucano, etc.) presentes nas matérias-primas, em compostos menores solúveis no mosto (AQUARONE, 2005).

As tabelas 2 e 3 mostram os parâmetros que são normalmente encontrados numa análise de malte. Já a tabela 4 apresenta as mudanças na composição do grão de cevada em função da maltagem.

Tabela 2: Especificações para três tipos de malte estrangeiro.

	Americano	Europeu	Europeu
	6 fileiras	2 filas “lager”	2 filas “ale”
Umidade, %	4,0	3,5	2,0
Extrato moagem fina, % ps	77,0	79,0	80,0
Extrato moagem grossa, % ps	75,3	77,4	78,6
Nitrogênio total, %	2,1	1,75	1,7
$N_{solúvel}/N_{total}$, %	40,0	39,0	39,5
Poder diastático, °Lintner	140,0	75,0	65
α-amilase, DU	40,0	35,0	-
Cor, °EBC	3,8	2,9	6,0

Fonte: AQUARONE (2005).

Tabela 3: Especificações do malte brasileiro.

Umidade, %	5,52
Cinzas, %ps	1,97
Fibra bruta, %ps	3,95
Proteína bruta, %ps	10,22
Lídio, %ps	1,65
Extrato, %ps	79,52
Poder diastático, WK os	244,19

Fonte: VENTURINI FILHO (1995).

Tabela 4: Composição do grão de cevada e do malte.

Características	Cevada	Malte
Massa do grão (mg)	32-36	29-33
Umidade (%)	10-14	4-6
Amido (%)	55-60	50-55
Açúcares (%)	0,5-1,0	8-10
Nitrogênio total (%)	1,8-2,3	1,8-2,3
$N_{solúvel}/N_{total}$ (%)	10-12	35-50
Poder diastático, °Lintner	50-60	100-250
α-amilase, DU	Traços	30-60
Atividade proteolítica	Traços	15-30

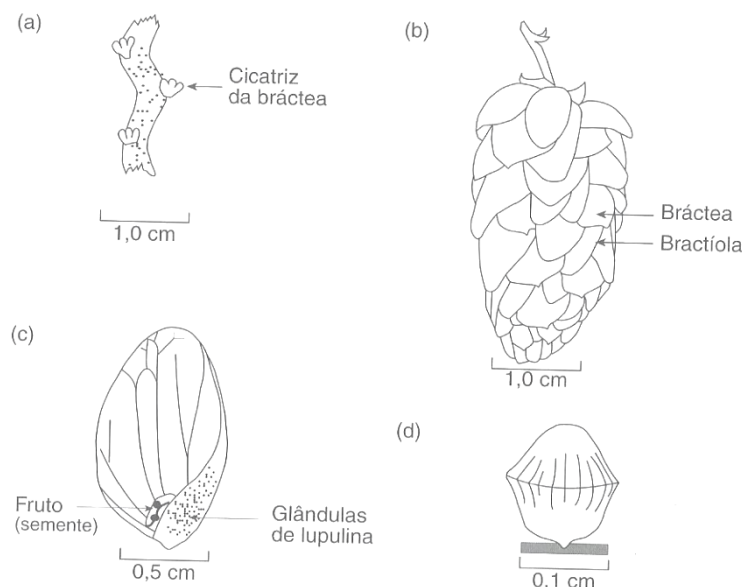
Fonte: VENTURINI FILHO (2010).

2.5.3 Lúpulo

O lúpulo (*Homulus lúpulos*) pertence à família da *Cannabinaceae*, mas apesar do parentesco com a *Cannabis*, não contém substâncias alucinógenas. O lúpulo é uma planta diótica, isto é, apresenta flores masculinas e femininas em indivíduos diferentes, não havendo, portanto, planta hermafrodita (AQUARONE, 2005). Seu cultivo requer muitos cuidados, pois, sendo rica em umidade (cerca de 80 %), é suscetível ao ataque de parasitas, entre os quais muitos insetos como traças e piolhos, e outros como fungos e protozoários (TSCHOP, 2001).

As flores femininas ou frutos delas decorrentes são ricas em glândulas amarelas contendo lupulina (resinas, óleos essenciais, etc.), responsável pelo aroma e amargor característicos de lúpulo das cervejas. O lúpulo além de aroma e amargor apresenta ação anticéptica, pois os ácidos isoalfa são bacteriostáticos; contribui também para a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja (AQUARONE, 2005; CARVALHO 2009). A figura 6, mostra de forma esquemática a inflorescência do lúpulo.

Figura 6: Detalhes da inflorescência do lúpulo: a) parte do eixo do cone; b) cone maduro; c) bractéola com semente e glândulas de lupulina; d) glândula de lupulina.



Fonte: AQUARONE (2005).

Para a produção de cerveja, as frações mais importantes da lupulina são as resinas e os óleos essenciais. As resinas são constituídas principalmente de alfa e beta-ácidos. Os alfa-ácidos, são a fonte principal de amargor na cerveja; enquanto que os beta-ácidos são menos importantes. Na etapa de fervura do mosto, as moléculas de alfa-ácidos são isomerizadas para a forma de alfa-iso-ácidos, compostos também conhecidos como iso-humulonas, que são muito mais amargos e muito mais solúveis do que os alfa-ácidos. Os óleos essenciais que compõem o lúpulo são uma mistura de várias centenas de componentes. Os principais são: hidrocarbonetos da família dos terpenos, ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos e álcoois. Os óleos essenciais apresentam influencia tanto no sabor quanto no aroma da cerveja, embora a maior parte destes seja arrastada com o vapor durante a fervura do mosto, por conta da sua volatilidade. Mas isso é desejável, pois altas concentrações desses componentes tornariam a cerveja intragável (AQUARONE, 2005).

Para estilos de cervejas mais amargas e aromáticas as adições de lúpulo também são feitas nos momentos finais, ou até após à etapa de fervura, para que não se perca as propriedades dos óleos essenciais com a isomerização dos alfa-ácidos e eles possam trazer uma maior carga de aroma a cerveja.

O lúpulo é comercializado no mercado na forma de cones secos, em pellets e como extrato. Os dois últimos, por serem produtos mais concentrados (em ácidos alfa), exigem

menos espaço de armazenamento, são mais estáveis e são facilmente manipulados (mistura, pesagem e transporte) na indústria da cerveja. As figuras 7 e 8 mostram, respectivamente, o lúpulo na forma de flor e na forma de pellets, mais comumente encontrada no mercado.

Figura 7: Lúpulo na sua forma natural, em forma de flor.



Fonte: HOMINILÚPULO (2014).

Figura 8: Lúpulo na forma de pellets, mais facilmente encontrado no mercado.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

2.5.4. Adjuntos

Os adjuntos na produção de cerveja podem ser definidos como qualquer fonte de carboidrato diferente do malte de cevada que contribui com açúcares para o mosto (STEWART, 1994). O uso de adjuntos para suplementar o mosto constitui uma prática de redução de custos empregada em várias cervejarias e micro cervejarias (YOUNIS; STEWART, 1999). A adição de adjuntos com altas concentrações de açúcares fermentáveis

tem sido um método alternativo para aumentar a concentração de sólidos solúveis nos mostos.

Tais adjuntos podem ser

"homólogos" ou seja, derivados da mesma fonte que a fonte base ou "heterólogos" que são derivados de uma ou mais fontes diferentes (THOMAS et al., 1996).

De acordo com a sua composição química, os adjuntos podem ser classificados em amiláceos e açucarados. Tradicionalmente, o milho na forma de grits e arroz como quirera têm sido os mais utilizados pelas cervejarias em todo mundo, incluindo as do Brasil. Dentre os adjuntos açucarados sobressaem os xaropes de cereais, sendo o de milho o principal deles, o açúcar comum e o invertido (xarope de glicose e frutose) provenientes da cana-de-açúcar ou beterraba sacarina (AQUARONE, 2005).

O nível de substituição do malte pelo adjunto pode chegar até 50% e cada cervejaria define a proporção malte / adjunto para cada tipo de cerveja que produz. O abuso na quantidade de adjunto pode resultar em mostos nutricionalmente pobres para a fermentação alcoólica e de elevada viscosidade, tornando a sua filtração lenta. Além disso, os mostos obtidos somente com o malte, usualmente apresentam excesso de componentes nitrogenados, mas à medida que se aumenta a percentagem de adjunto, ocorrem problemas relacionados com falta de nitrogênio no meio (Kirsop, 1982 citado por CASEY et al., 1984).

Utilizam-se os adjuntos especialmente por questões econômicas, pois, apresentam menor custo na produção de extrato. Além disso, melhoram a qualidade sensorial e físico-química da cerveja acabada. Podem ser considerados como diluidores de todos os componentes do mosto cervejeiro, exceto os açúcares. De fato, reduzem o teor de nitrogênio solúvel, ou melhor, proteína solúvel do mosto, diminuindo a ocorrência de infecção láctea na cerveja, melhorando a sua estabilidade coloidal e, conseqüentemente, aumentando a vida de prateleira do produto. As cervejas que utilizam adjunto em sua composição são mais refrescantes e leves, apresentam normalmente maior brilho, cor mais clara e saciam menos (CARVALHO, 2009).

2.5.5. Levedura

Aquarone, 2005 cita que há milênios, o homem vem utilizando leveduras para a produção de pão, cerveja, vinho e outros alimentos e bebidas obtidos por fermentação. Atualmente, elas são utilizadas numa gama de processos fermentativos visando a produção dos mais variados tipos de produtos. A partir da sua atividade metabólica, pode-se obter enzimas, vitaminas, proteínas, gorduras, etc. No Brasil, toda produção de álcool carburante está baseada na atividade fermentativa da levedura alcoólica.

As características de sabor e aroma de qualquer cerveja estão determinadas de forma preponderante pelo tipo de levedura utilizada. Embora o etanol seja o produto principal produzido pela excreção da levedura durante a fermentação do mosto, esse álcool primário tem pequeno impacto no sabor da cerveja. O tipo e a concentração de vários outros produtos de excreção formados durante a fermentação são quem primariamente determinam o sabor da cerveja. Sua formação depende do balanço metabólico global do cultivo da levedura. Vários fatores podem afetar esse balanço e consequentemente o sabor da cerveja incluindo a cepa de levedura, a temperatura e o pH de fermentação, o tipo de proporção de adjunto, o modelo de fermentador e a concentração do mosto (VENTURINI FILHO, 2010).

As leveduras utilizadas na produção de cerveja pertencem à espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Também pertencem a esta espécie, as leveduras alcoólicas outrora classificadas como *S. uvarum* e *S. carlsbenguensis* (AQUARONE, 2009). O gênero *Saccharomyces* apresenta várias cepas consideradas seguras e capazes de produzir dois metabólitos primários importantes, etanol e dióxido de carbono. Os dois tipos de cerveja mais importantes (lager e ale) são fermentado com cepas de *S. uvarum* (*carlsbenguensis*) e *S. cerevisiae*, respectivamente. Atualmente, taxonomistas de leveduras têm designado todas as cepas empregadas na produção de cerveja à espécie *S. cerevisiae* (VENTURINI FILHO, 2010). A tabela 5, mostra as mudanças na nomenclatura das cepas pertencentes à espécie *S. cerevisiae*.

Venturini Filho, 2010 ainda defende a tese de que embora a literatura científica progressivamente se refira às leveduras como *S. cerevisiae* tipo ale e *S. cerevisiae* tipo lager, existem algumas diferenças bioquímicas entre esses dois tipos de cepas de leveduras, que justificam manter uma diferenciação entre elas. As cepas de *S. uvarum* (*carlsbenguensis*) tipo lager possuem os genes MEL (que permitem produzir a enzima melibiase que atua na quebra do dissacarídeo melibiose), porém as cepas de *S. cerevisiae* tipo ale carecem desses genes. Além disso, as cepas de ale podem crescer à 37°C, enquanto as cepas lager não apresentam crescimento com mais de 34°C.

A cerveja tipo lager, tradicionalmente é produzida por leveduras de baixa fermentação à 7-15°C, as quais floculam no final da fermentação primária ou principal (7 a 10 dias), sendo coletadas na base do fermentador. As leveduras de alta fermentação, usadas para a produção das cervejas ale, fermentam com temperaturas entre 18-22°C. No final da fermentação (3 a 5 dias), as células adsorvidas nas bolhas de CO_2 , são carregas até a superfície do mosto onde são coletadas (VENTURI FILHO, 2010).

Tabela 5: Mudança na nomenclatura da *S. cerevisiae*.

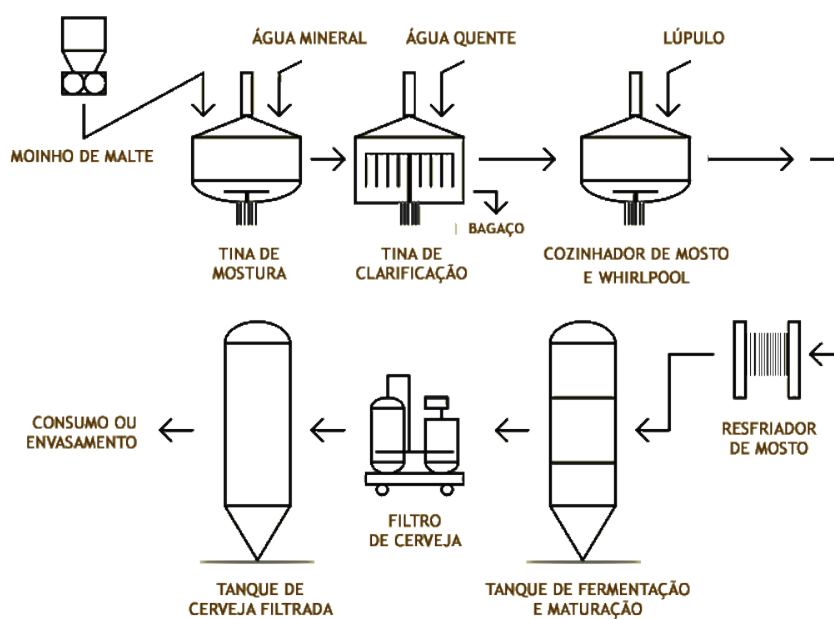
1952	1970	1984
<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. cerevisiae</i>
<i>S. willianus</i>		
<i>S. coreanus</i>	<i>S. coreanus</i>	
<i>S. carlsbenguensis</i>	<i>S. uvarum</i>	
<i>S. uvarum</i>		
<i>S. logos</i>		
<i>S. bayanus</i>	<i>S. bayanus</i>	
<i>S. pastorianus</i>		
<i>S. oviformis</i>		
<i>S. beticus</i>		
<i>S. heterogenicus</i>	<i>S. heterogenicus</i>	
<i>S. chevalieri</i>		
<i>S. fructuum</i>	<i>S. chevalieri</i>	
<i>S. italicus</i>		
<i>S. steineri</i>	<i>S. italicus</i>	
<i>S. globosus</i>	<i>S. globosus</i>	
	<i>S. aceti</i>	
	<i>S. diastaticus</i>	
	<i>S. oleaginosus</i>	
	<i>S. prostoserdovii</i>	
	<i>S. capensis</i>	
	<i>S. inusitatus</i>	
	<i>S. hispalensis</i>	
	<i>S. cerevisiae</i>	

Fonte: VENTURINI FILHO (2010).

2.6. ETAPAS DE PRODUÇÃO

Para produzir uma cerveja artesanal é preciso definir um estilo, criar uma receita, selecionar os ingredientes, moer o malte, mosturar, clarificar, ferver, resfriar, fermentar, maturar e envasar. Ou seja, o processo geral é comum a todos os fabricantes. O que diferencia um produto do outro é basicamente o tipo de ingredientes selecionados. Nesse sentido, além dos ingredientes obrigatórios, definidos em decreto, pode-se agregar uma lista infinita de outras opções, que ajudam a dar sabor, aroma e característica específica à bebida.

Figura 9: Fluxograma do processo de uma micro cervejaria.



Fonte: DOURTMUND (2017).

2.6.1. Sala de fabricação ou brasagem

A primeira fase do processo produtivo ocorre na chamada sala de fabricação, onde o malte e lúpulo são misturados em água e dissolvidos, visando a obtenção de uma mistura líquida açucarada chamada mosto, que é a base para a futura cerveja. Os processos envolvidos são:

- Moagem do malte
- Mistura com água
- Aquecimento para facilitar a dissolução
- Transformação do amido em açúcar pelas enzimas do malte
- Filtração para separar as cascas do malte

- Adição do lúpulo
- Fervura do mosto para dissolução do lúpulo e esterilização
- Resfriamento

O processo de produção do mosto baseia-se exclusivamente em fenômenos naturais e é semelhante ao ato de cozinhar (DOUTMUND, 2017).

Figura 10: Sala de brassagem de uma microcervejaria.



Fonte: DOUTMUND (2017).

2.6.2 Fermentação e maturação

Após o resfriamento, o mosto recebe fermento e é acondicionado em grandes tanques, chamados de fermentadores (onde começa a fase de fermentação). Nessa etapa, o fermento transforma o açúcar do mosto em álcool e gás carbônico, obtendo assim energia necessária à sua sobrevivência.

Durante todo o processo é muito importante o controle preciso da temperatura, pois somente em temperaturas controladas o fermento produzirá cerveja com o sabor adequado. A fermentação é certamente a fase mais importante para o paladar da cerveja, visto que, paralelamente à transformação de açúcar em álcool e gás carbônico, o fermento produz outras substâncias, em quantidades muito pequenas, mas que são as responsáveis pelo aroma e pelo sabor do produto.

Uma vez concluída a fermentação, a cerveja é resfriada a zero grau, a maior parte do fermento é separada por decantação (sedimentação) e tem início a maturação. Nessa fase, pequenas e sutis transformações ocorrem para aprimorar o sabor da cerveja. Algumas substâncias indesejadas oriundas da fermentação são eliminadas e o açúcar residual presente é consumido pelas células de fermento remanescentes, em um fenômeno conhecido por fermentação secundária. Nos processos artesanais a maturação costuma levar de 7 a 30 dias

dependendo do tipo de cerveja, diferente de uma cerveja industrial que leva apenas 2 dias, ao final desta fase, a cerveja está praticamente concluída, com aroma e sabor finais definidos (Adaptado de DORTMUND, 2017).

2.7. RENDIMENTO DO PROCESSO

O rendimento do processo indica que porcentagem da quantidade de carga inicial se encontra como quantidade de extrato solúvel no mosto final. Desta maneira, o rendimento da brasagem é um importante critério interno da planta de produção para medir a eficiência do processo. Esta porcentagem (rendimento da brasagem) se encontra na ordem de 75 a 80% (KUNZE, 2006).

2.7.1. Cálculo do rendimento

Para o cálculo do rendimento da brasagem são necessários dados referentes a quantidade de carga inicial utilizada; a determinação das porcentagens mássicas, medida através do densímetro ou refratômetro; e a determinação do volume final de mosto. A quantidade de carga utilizada é determinada de forma precisa por uma balança, sendo essa quantidade nosso valor de partida para o cálculo do rendimento (KUNZE, 2006).

2.7.1.1. Determinação de sólidos solúveis

A determinação das porcentagens mássicas se trata do teor de sólidos solúveis presentes no mosto, feita através da leitura de um densímetro ou refratômetro, medida através da densidade do mosto. No entanto, esses equipamentos de medição geralmente estão calibrados para leituras a 20°C, portanto ao se trabalhar com temperaturas fora dessa faixa, correções devem ser feitas para que seja registrado o valor mais preciso da medição.

2.7.1.2. Determinação do volume

O cálculo do volume do mosto quente pode ser determinado de forma precisa ao final da fervura, através da régua de medição. Para isso, o mosto deve encontrar-se completamente parado, sem agitação. A régua de medição deve ser calibrada para seu determinado tanque de fervura e utilizado no lugar previsto para a medição (KUNZE, 2006).

Um fator importante quando se fala sobre medição de volume do tanque de fervura é a contração que ocorre após o fim do resfriamento. Para a medição logo após o fim da fervura (100°C, sem que haja mais evaporação) e uma medição após o resfriamento (20°C), Kunze, 2006 cita uma contração de 4% do volume original, ou seja, o volume medido após o resfriamento é apenas 96% do volume medido logo após o fim da fervura. Sendo levado em conta, dentro desses 4%, as quantidades de lúpulo e das proteínas que floculam, embora não pertençam ao extrato.

A conversão de volume de mosto quente para volume de mosto frio (a 20°C, dado que a essa temperatura se realiza a leitura do densímetro) é feita multiplicando o volume de mosto quentes por 0,96. O fator 0,96 é denominado fator de correção (KUNZE, 2006).

2.7.1.3. Cálculo da quantidade de extrato obtida na brasagem

A fórmula para a quantidade de extrato solúvel obtido na brasagem é:

$$m_e = C_e \cdot E \cdot 0,96 \cdot V \quad (1)$$

Sendo:

m_e – Quantidade, em massa de extrato presente no mosto final, em Kg;

C_e – Conteúdo de extrato, relação de quanto de extrato, em Kg está presente em 100 Kg de mosto;

E – Densidade do mosto, aferida com o densímetro;

0,96 – Fator de correção;

V – Volume do mosto, após a fervura, em L.

O conteúdo de extrato, C_e é uma porcentagem mássica medida em graus Brix (°Brix) que é uma escala numérica de índice de refração (o quanto a luz desvia em relação ao desvio provocado por água destilada) de uma solução, comumente utilizada para determinar, de forma indireta, a quantidade de compostos solúveis numa solução de sacarose, um grau Brix é igual a 1g de açúcar por 100 g de solução, ou 1Kg de açúcar por 100Kg de solução. Segundo Kunze, 2006 esse valor de C_e pode ser relacionado com o valor da densidade pela relação expressa na equação 2.

$$E = (C_e \cdot 0,004) + 1 \quad (2)$$

2.7.1.4. Determinação do rendimento da brasagem

Para a determinação do rendimento da brasagem relaciona-se a quantidade de extrato produzida com a quantidade de carga utilizada (KUNZE, 2006). Portanto:

$$R_b = \frac{m_e[Kg]}{Carga[Kg]} 100\% \quad (3)$$

2.8. ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS

2.8.1. Tamanho dos equipamentos

O tamanho dos equipamentos utilizados na brasagem é determinado pelo volume final de apronte da fábrica. O menor tanque de filtração, por exemplo, tem um diâmetro de 2m, já os maiores ultrapassam os 12m (KUNZE, 2006).

2.8.2. Materiais dos equipamentos

O material clássico dos recipientes das cervejarias foi o cobre. Por séculos, a cervejaria de cobre foi o orgulho do cervejeiro. Ficava, sempre que possível a mostra, em destaque, através de grandes paredes de vidro e isso era uma excelente publicidade para a fábrica de cerveja. Porém o cobre vai ficando preto com o tempo e com o passar dos anos vão se formando incrustações sobre ele. A partir de 1965, aproximadamente, se começou a fabricar os primeiros tanques em aço cromo-níquel (aço inox). Pelo fato desses tanques poderem ser obtidos por corte das chapas planas, modifica-las a forma desejada e solda-las, sua fabricação é consideravelmente mais econômica que as dos recipientes de cobre. Essas razões econômicas levaram a que hoje em dia se fabriquem quase que exclusivamente equipamentos de cervejarias de aço inox, os quais tem além disso, a vantagem de ser facilmente limpos, por dentro e por fora, com o processo CIP (KUNZE, 2006).

3. METODOLOGIA

A etapa inicial da metodologia para o dimensionamento dos equipamentos da micro cervejaria foi a definição de volume que o equipamento seria capaz de produzir por batelada.

Sendo definido um volume de 500L para serem envasados, foi feito todo um balanço de massa de maneira inversa ao processo de produção, considerando fatores de perdas a cada etapa, até que chegássemos a um valor de carga inicial a ser introduzida ao processo para definições de quantidade de matéria prima, estoque, dimensionamento de toda área da fábrica e um futuro estudo econômico para a produção de cada lote ou custo por litro de cerveja.

3.1. Dimensionamento do tanque fermentador

O tanque fermentador é o último recipiente que a cerveja passa antes de ser envasada, sendo considerado que ao fim da fermentação haverá uma diminuição da temperatura do tanque, para que ocorra o processo de maturação, sem necessidade de transferência do líquido para outro tanque, trazendo vantagens como a economia na compra de novos equipamentos e a diminuição do risco de contaminação. Sendo o fermentador o último recipiente no qual a cerveja passa antes de ser envasada, começaremos o dimensionamento dos nossos equipamentos por ele.

Kunze, 2009 cita em seu livro que cerca de 10% do volume de líquido do fermentador é perdido durante o processo. Considerando esse fato e sendo o volume envasado igual a 500L temos que o volume do fermentador é calculado considerando essa perda de cerveja.

$$V_{EV} = 500L \quad (4)$$

$$V_F = V_{EV}(1 + 0,1) \quad (5)$$

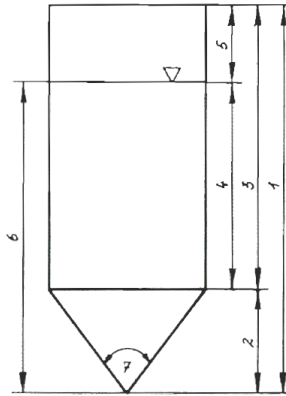
Ainda segundo Kunze, os fermentadores devem ser entre 18 a 25% maiores do que o volume de líquido inicial de fermentação, esse espaço extra deve-se ao fato de que durante a fermentação ocorre a geração de CO_2 , que acarreta a formação de espuma dentro do tanque. Considerando esse espaço extra na condição de dimensionamento do fermentador no seu valor máximo (25%), temos que o volume total do fermentador, expresso por V_{TF} , é:

$$V_{TF} = V_F(1 + 0,25) \quad (6)$$

Os fermentadores de cervejarias são, em sua grande maioria, fermentadores cilindro-cônicos, como mostrado em esboço na figura 11. Na parte cônica do fermentador existe um ângulo de abertura, α , que varia de 60 a 90°, porém os fabricantes usualmente utilizam uma variação de α entre 60 a 75°. O diâmetro da parte cônica é o mesmo da parte cilíndrica, então como projetista podemos determinar um diâmetro para o nosso fermentador, o que vai nos dar também a altura que a parte cônica do nosso fermentador, dada pela equação 7:

$$h_{cone} = \frac{D}{2 \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (7)$$

Figura 11: Esboço de um fermentador cilindro-cônico.



Fonte: KUNZE (2009).

Com o diâmetro e a altura do cone podemos determinar o volume que essa parte do fermentador vai comportar, através da equação 8.

$$V_{cone} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h_{cone}}{3} \quad (8)$$

Já para determinarmos o volume do cilindro temos que subtrair o volume de líquido que entra no fermentador, pelo volume que a parte cônica aporta, sendo assim temos que:

$$V_{cilindro} = V_F - V_{cone} \quad (9)$$

De posse do volume que a parte cônica (cilíndrica) vai comportar, podemos determinar a altura dessa parte do fermentador.

$$h_{cilindro} = \frac{V_{cilindro}}{\pi \cdot r^2} \quad (10)$$

Com o valor dessas duas alturas sabemos a altura que o líquido vai ocupar dentro do fermentador. Essa altura, junto com o diâmetro, são fatores a ser considerados no momento do projeto, pois a relação diâmetro:altura do líquido, não deve ser maior do que 1:5, para não ocorrer uma diferença de pressão hidrostática muito grande dentro do fermentador, que poderia acarretar em um processo de fermentação com produtos indesejados pelo fato dos micro organismos não estarem submetidos as mesmas condições de pressão. Essa relação varia entre 1:1 e 1:5 sendo geralmente mantida em valores de 1:2.

Para finalizar o dimensionamento do fermentador, temos que calcular mais uma altura, referente ao espaço em excesso, considerado para que haja espaço para formação de espuma.

$$h_{espuma} = \frac{V_F \cdot 0,25}{\pi \cdot r^2} \quad (11)$$

Com isso temos a altura total do fermentador, dada pela soma de todas as alturas calculas.

$$h_{total} = h_{cone} + h_{cilindro} + h_{espuma} \quad (12)$$

3.2. Dimensionamento do tanque de fervura

O tanque de fervura recebe apenas o líquido do mosto final após a clarificação e a lavagem dos grãos. Nessa etapa são adicionados os lúpulos, que vão trazer características sensoriais para a cerveja, e também ocupar um certo volume dentro do tanque. No processo de fervura, que pode variar sua duração, dependendo do estilo da cerveja produzida, ocorre também perdas por evaporação, que variam de 10 a 18% por hora. Além da evaporação o mosto quente, logo após sessar o aquecimento (cerca de 100°C) sofre uma contração após seu resfriamento, na faixa de 4% do seu volume, onde esses 4% já está sendo considerado o volume dos lúpulos adicionados no momento da fervura.

Como queremos que 550L passem para o fermentador, após ser resfriado, temos que considerar que o volume final da fervura, com o mosto a 100°C, mas sem ocorrer mais evaporação, tem um valor 4% maior que o valor que queremos no fermentador, portanto:

$$V_{(100^\circ C)} = \frac{V_F}{(1 - 0,04)} \quad (13)$$

Já o volume pré-fervura, antes da evaporação, foi medido em produções caseiras em escala menor, com o valor de 16% de taxa de evaporação. Portanto o volume pré-fervura pode ser determinado pela equação 14.

$$V_{Pré-Fervura} = \frac{V_{(100^{\circ}C)}}{(1 - 0,16)} \quad (14)$$

Para determinação da altura e do diâmetro do tanque vamos considerar um tanque padrão, onde a altura do líquido é igual ao diâmetro do tanque. Com isso aplicamos a equação do volume para encontrar o diâmetro do tanque de fervura.

$$V_{Pré-Fervura} = \pi \cdot h_{Fervura} \cdot \left(\frac{D_{Fervura}}{2} \right)^2 \quad (15)$$

$$V_{Pré-Fervura} = \pi \cdot \frac{D_{Fervura}^3}{4} \quad (16)$$

Com o valor da altura encontrado consideramos um valor 30% maior do que o valor encontrado, para fins de segurança e para evitar o transbordamento durante a fervura.

$$h_{Tanque-Fervura} = h_{Fervura} \cdot 1,3 \quad (17)$$

3.3. Dimensionamento do tanque de mostura

Para o dimensionamento do tanque onde vai ocorrer a mosturação, é necessário definir qual o mosto com maior concentração de sólidos solúveis pretendemos produzir nesse equipamento. Com este valor de concentração de açúcares no mosto, utilizamos a equação (3) rearranjada para calcular a quantidade de carga de malte necessária para obtenção da condição desejada de concentração de açúcares no mosto.

$$R_b = \frac{m_e [Kg]}{Carga [Kg]} 100\% \quad (18)$$

Substituindo a equação (1) na equação (3) e rearranjando temos:

$$Carga [Kg] = \frac{C_e \cdot E \cdot 0,96 \cdot V}{R_b} 100\% \quad (19)$$

Apesar do rendimento da brasagem, R_b , ser um parâmetro que varia de equipamento para equipamento, vamos supor um valor dentro da faixa de 65-85% para termos uma estimativa para o dimensionamento do nosso equipamento.

Com o valor da carga de malte, em Kg, podemos definir volume de água para a esse peso de malte, com uma proporção no valor de 2,7 litros de água para cada 1 Kg de malte. Partindo dessa proporção, temos a massa dessa mistura e a densidade, determinada experimentalmente, com valor próximo a 1Kg/L. De posse desses dados podemos calcular o volume da solução na mostura pela equação 19.

$$V_{Mostura} = \frac{m_{Mostura}}{\rho_{Solução}} \quad (20)$$

Da mesma forma que aplicamos a consideração de um tanque padrão para o tanque de fervura, assumiremos o mesmo critério para o tanque de mostura. Onde a altura do mosto é igual ao diâmetro do tanque. Sendo considerado também um excedente de 30% no valor encontrado.

$$V_{Mostura} = \pi \cdot \frac{D_{Mostura}^3}{4} \quad (21)$$

$$h_{Tanque-Mostura} = h_{Mostura} \cdot 1,3 \quad (22)$$

3.4. Dimensionamento do tanque de filtração

O tanque de filtração vai receber todo o bagaço de malte e o mosto açucarado proveniente da mostura, nele ocorre a recirculação desse mosto com a finalidade da retenção das partículas maiores, utilizando a própria cama de grãos como meio filtrante e deixando o produto final mais clarificado e límpido.

No dimensionamento desse tanque foi escolhido um diâmetro um pouco maior do que os anteriores, pelo fato desse tanque utilizar um fundo falso que serve como uma barreira que segura e sustenta os grãos, que atuam como meio filtrante. Esse diâmetro um pouco maior vem da necessidade de distribuição desse peso que os grãos aplicam sobre o fundo falso, para evitar o rompimento e também para evitar a compactação dos grãos, fato que inviabilizaria ou até impediria uma boa filtragem e clarificação.

O volume desse tanque é o mesmo do tanque de mosturação determinado pela equação (20), pois ele recebe integralmente o conteúdo proveniente da mostura, a única diferença está no diâmetro um pouco maior, por consequências do processo que esse tanque é proposto a realizar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Fermentador

O tanque fermentador foi projetado para a produção de 500L de cerveja como produto final, porém o cálculo da capacidade de fermentação foi feito com na equação (5), que considera o volume envasado, V_{EV} , e calcula o volume que deve ser fermentado considerando 10% de perdas no processo.

$$V_{EV} = 500L = 0,5 m^3$$

$$V_F = 500(1 + 0,1) = 550L$$

Com esse valor da capacidade do fermentador, usamos a equação (6) para determinar o volume total do fermentador considerando 25% de espaço extra, para a formação de espuma que ocorre durante o processo devido a geração de CO_2 .

$$V_{TF} = 550(1 + 0,25) = 687,5L$$

Partindo da equação (7), temos o nosso próximo passo para o projeto do fermentador, já que ela nos permite o cálculo da altura do cone que compõe parte do nosso fermentador cilindro cônico. Essa estrutura cônica facilita a purga do fermento após a fermentação, antes de começar o processo de maturação, sem grandes riscos de contaminação. Definindo o diâmetro do fermentador igual a 0,85m.

$$h_{cone} = \frac{0,85m}{2 \tan\left(\frac{70^\circ}{2}\right)} = 0,55m$$

A escolha do diâmetro de 0,85m para o fermentador está envolvido tanto no espaço disponível que teremos para a instalação de fermentadores, como também na relação diâmetro:altura que não deve ser maior do que 1:5 para não ocorrer uma diferença de pressão hidrostática muito grande dentro do fermentador, que poderia acarretar em um processo de fermentação com produtos indesejados pelo fato de os micro-organismos não estarem submetidos as mesmas condições.

De posse dos valores da altura e do diâmetro do cone, determinamos o volume do cone a partir da equação (8).

$$V_{cone} = \frac{\pi \cdot (0,425m)^2 \cdot 0,55m}{3} = 0,10m^3$$

Da equação (9) obtivemos o valor correspondente ao volume do cilindro e substituímos na equação (10) para obter a altura da parte cilíndrica do fermentador.

$$h_{cilindro} = \frac{0,45m^3}{\pi \cdot (0,425m)^2} = 0,78m$$

Com a altura do cilindro e do cone somadas, temos a altura que o líquido ocupa no fermentador e a soma dessas dá uma relação diâmetro: altura igual à 1:1,6.

Por fim, calculamos a altura extra que é necessária em decorrência da formação de espuma utilizando a equação (11).

$$h_{espuma} = \frac{0,55m^3 \cdot 0,25}{\pi \cdot (0,425m)^2} = 0,24m$$

Aplicando os resultados, temos a altura total do fermentador dada pela equação (12).

$$h_{total} = h_{cone} + h_{cilindro} + h_{espuma}$$

$$h_{total} = 0,55m + 0,78m + 0,24m = 1,57m$$

Dessa maneira, temos todas as dimensões do nosso fermentador, considerando os fatores que podem afetar o processo de produção para um dimensionamento mais perto possível da exatidão.

4.2. Tanque de fervura

Para o cálculo do volume de mosto quentes, antecessor ao processo de resfriamento, utilizamos a equação (13) e calculamos o volume de mosto ao fim do processo de fervura e sua evaporação.

$$V_{(100^{\circ}C)} = \frac{550L}{(1 - 0,04)} = 573L$$

Já o volume pré-fervura, que é aquele volume calculado antes da evaporação do mosto por conta do tempo de fervura, é calculado conforme a equação (14).

$$V_{Pré-Fervura} = \frac{573L}{(1 - 0,16)} = 682L$$

Com a determinação do volume que o tanque de fervura deve comportar, passamos para os cálculos geométricos desse recipiente, considerando-o também um tanque padrão,

onde a altura do líquido deve ser igual ao seu diâmetro. Utilizando a equação (16) para obtermos esses valores, temos que.

$$\pi \cdot \frac{D_{Fervura}^3}{4} = 682L$$

$$D_{Fervura} = h_{Fervura} = 0,95m$$

Substituímos esse valor na equação (17) a fim de encontrar o real valor da altura desse tanque de fervura. Esse valor extra calculado serve como uma margem de segurança, já que nesse processo em especial pode haver transbordamento a depender da intensidade da fervura e da adição dos lúpulos, que geram uma camada sobre o líquido que favorece o transbordamento.

$$h_{Tanque-Fervura} = 0,95m \cdot 1,3 = 1,24m$$

4.3. Tanque ou tina de mostura

Para o ideal dimensionamento do tanque de mostura, temos que fazer algumas escolhas baseadas no processo de fabricação de cerveja e estilos de cerveja que poderão ser desenvolvidos no equipamento.

A primeira definição é sobre o estilo de cerveja que vai ser produzido no equipamento para esse determinado volume de envase já citado, que tem a maior quantidade de açúcares no seu mosto, ou seja, sua maior concentração em °Plato ou em densidade específica.

Para esse projeto, consideraremos uma cerveja que tenha sua densidade específica no valor de 1,080, que é um valor considerado para cervejas mais fortes, com teor alcoólico elevado, como por exemplo as Russian Imperial Stout, Imperial IPA, dentre outros estilos que pedem mais açúcares fermentescíveis dissolvidos no mosto e, conseqüentemente, uma maior carga de malte na formulação de suas receitas. Na literatura e na prática de produções de cerveja artesanal, esse valor é definido como O.G. e é obtido por medição direta através de um densímetro, nesse trabalho definimos esta variável e a chamamos de E , portanto:

$$E = 1,080$$

Com este valor definido pelo cervejeiro e projetista, podemos obter o valor de C_e , pela equação (2).

$$E = (C_e \cdot 0,004) + 1$$

$$C_e = \frac{E - 1}{0,004} \text{ } ^\circ P = \frac{E - 1}{0,004} \left[\frac{Kg}{100L} \right]$$

Substituímos esses valores na equação (18) e definimos um valor de rendimento para nosso processo, já que esse rendimento é um parâmetro que varia de equipamento para equipamento. Na maioria dos casos práticos citados por Kunze, 2009 esse valor encontra-se em uma faixa de 65-85% a depender do modo de operação e do potencial diastático de cada malte inserido como ingrediente ao processo. Para os cálculos utilizamos um valor de 72%.

$$Carga[Kg] = \frac{\left(\frac{20 Kg}{100L}\right) \cdot 1,080.0,96.550L}{72\%} 100\%$$

$$Carga[Kg] = 158,4 Kg$$

Com a proporção de 2,7 litros de água para cada quilograma de malte obtemos, experimentalmente, a densidade da mistura. Assim, conseguimos calcular o volume da mostura através da equação (19).

$$V_{Mostura} = \frac{158,4Kg + 2,7(158,4Kg)}{1 Kg/L} = 586L$$

Como o tanque de mostura também é um tanque padrão e a altura do líquido vai ser igual ao diâmetro do tanque, aplicamos a equação (21) para obtermos o valor do diâmetro e da altura do líquido e, então, aplicar a consideração sobre margem de segurança de 30% na altura real do tanque, a partir da altura do líquido pela equação (22).

$$\pi \cdot \frac{D_{Mostura}^3}{4} = 586L$$

$$D_{Mostura} = h_{Mostura} = 0,91m$$

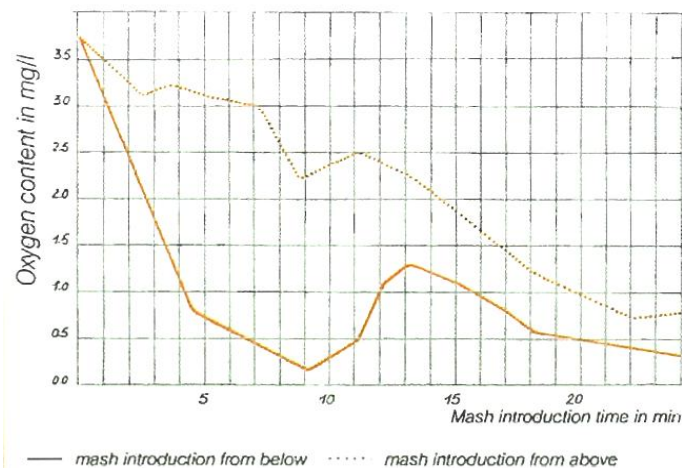
$$h_{Tanque-Mostura} = 0,91m \cdot 1,3 = 1,18m$$

4.4. Tanque de filtração

O tanque de filtração vai receber toda a mostura, portanto necessita de um volume que comporte este conteúdo. A alimentação desse tanque deverá ser feita pela parte inferior, para manter a absorção de oxigênio a mais baixa possível. Kunze, 2009 representa graficamente a comparação da alimentação pela parte de cima do tanque com a alimentação pela parte inferior, as válvulas também devem garantir uma transferência de conteúdo no tanque de

filtração em um tempo menor que 10 minutos, pois dessa forma também ajudam na baixa absorção de oxigênio, como mostra a imagem abaixo.

Figura 12: Absorção de oxigênio para tipos de alimentação distintos



Fonte: KUNZE (2009).

Ainda segundo Kunze, 2009, os diâmetros dos menores tanques de filtração para escalas industriais então na casa dos 2m. Com uma produção de 500L, adotamos um valor aproximado, porém menor, de 1,25m de diâmetro para o tanque. Esse valor vai garantir que não haja uma compactação indesejada e impossibilite ou dificulte a filtração, como também que o peso do mosto mais o bagaço do malte úmido não ceda com o fundo falso de aço inoxidável, que tem que suportar uma carga de $200-280 \text{ Kg/m}^2$.

Este fundo falso de aço inox terá o mesmo diâmetro do tanque e ficará a uma altura de 2mm do fundo. Também terá furos de 0,7mm, valor que não permite a passagem dos grãos de malte, apenas do mosto que passará para fervura.

Com o valor do volume igual ao volume da mostura, podemos encontrar a altura que este conteúdo vai ter dentro do tanque e, a partir desse valor, considerar uma margem de segurança para o tanque.

$$V_{Mostura} = 586L$$

$$D_{Filtração} = 1,25m$$

$$h_{Filtração} = \frac{4 \cdot V_{Mostura}}{\pi \cdot D_{Filtração}^2} = 0,48m$$

Com 50% excedendo esse valor temos que a altura do tanque de filtração é de:

$$h_{Tanque-Filtração} = 0,72m$$

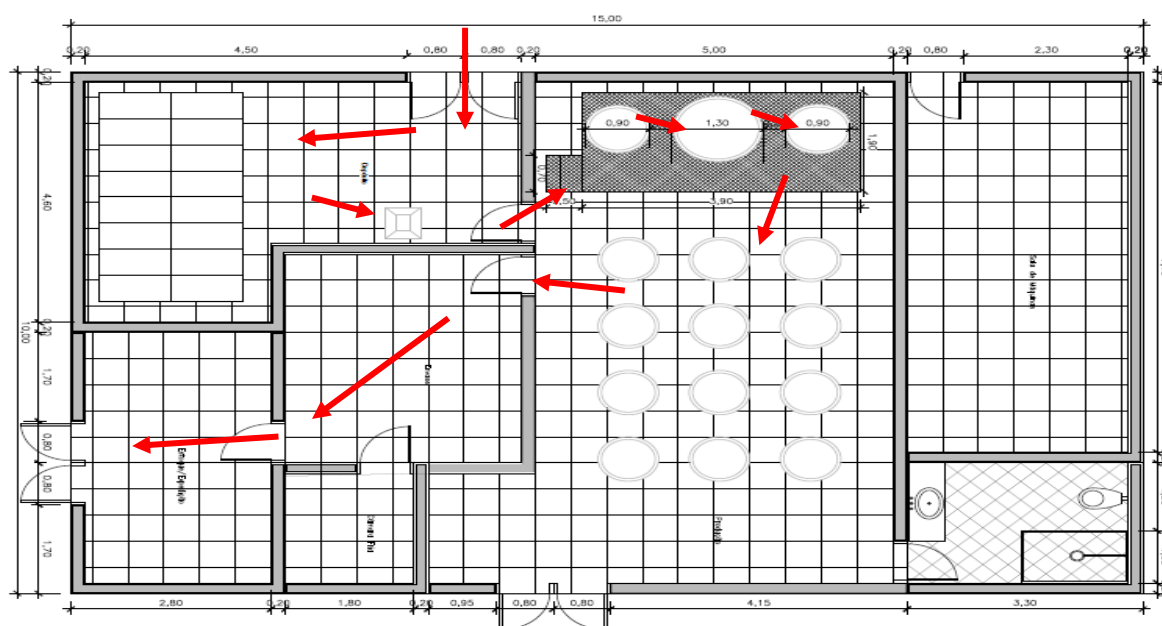
4.5 Layout do micro cervejaria

Muitos fatores foram levados em conta na elaboração do layout da fábrica, dimensionada para os equipamentos com as medidas obtidas neste trabalho. O depósito de malte, por exemplo, foi projetado levando em consideração a quantidade de malte utilizada por batelada, comportando matéria prima para até 40 brassagens, que produziriam cerca de 20 mil litros de cerveja.

A preocupação com as boas práticas de fabricação, para que não ocorresse fluxo cruzado, também foi um fator determinante para a disposição dos setores da micro cervejaria. Desse modo, os ambientes seguem um fluxo de produção mostrados na figura 13, através das setas de fluxo, do recebimento da matéria prima até a expedição do produto final.

Uma sala de máquinas que comporta centrais de resfriamento, botijões de gás, caldeiras, ferramentas, etc, também foi planejada no projeto inicial. E, para finalizar e completar a área do terreno de 10x15m, em que foi projetado o layout, temos um banheiro/vestiário, o qual é sempre exigido nos projetos que seguem as normas de BPF. Com esse projeto simples sendo bem executado, seguindo os manuais de boas práticas de fabricação para alimentos, é possível dar entrada no pedido de registro da micro cervejaria junto ao MAPA (Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento) e começar um novo negócio na área de cervejas especiais.

Figura 13: Layout da cervejaria.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

5. CONCLUSÃO

Uma das mais importantes atribuições do engenheiro químico é conhecer bem o processo no qual ele trabalha. Esse trabalho final de curso teve o objetivo de aprofundar mais o conhecimento sobre o processo de produção de cerveja e, dessa maneira, levar em consideração todos os critérios de escolha para um dimensionamento adequado de tanques para a produção de 500L de cerveja.

Com a metodologia citada, o trabalho poderá servir de manual, pois será possível a repetibilidade dos cálculos para o dimensionamento de equipamentos com qualquer volume de produção.

Com os valores calculados nesse projeto, é possível orçar o valor de chapas de aço inox nas dimensões adequadas para a construção dos equipamentos e, dessa forma, em uma futura montagem de uma fábrica, ter uma economia considerável, evitando a compra dos equipamentos já prontos.

Trabalhos futuros podem ser aplicados sobre os dados obtidos, como por exemplo, o estudo energético da fabricação, com cálculos de transferência de calor, em especial na etapa de mosturação, que necessita de um maior controle da temperatura; uma aplicação de controle e automação no processo; um estudo completo da viabilidade econômica da implantação de toda planta industrial.

Por fim, a oportunidade de estudar mais sobre o processo e sobre todas as considerações de um projeto de equipamentos, trouxe uma nova visão mais detalhada da fabricação e a possibilidade de buscar parcerias para a construção e realização deste projeto, bem como, encontrar meios e capacitação para embarcar no empreendedorismo no ramo das cervejas especiais, já que é um mercado que vem se firmando a cada ano, ficando acima da média nacional e acima da média do mercado de cervejas populares e que ganha importância em todo o Brasil e na região Nordeste.

REFERÊNCIAS

AQUARONE, E. et al. Biotecnologia Industrial: **Biotecnologia na produção de alimentos**. v4 São Paulo: Edgard Blucher, 2005, p 91-144.

BEERLIFE, **História da cerveja**. Disponível em: <http://www.beerlife.com.br/portal/default.asp?id_texto=14>. Acesso em 29 de ago. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA E AGROPECUÁRIA. Portaria nº 371/74. **Diário oficial da União**. Poder executivo, Brasília, DF, 19 set. 1979.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA E AGROPECUÁRIA. Portaria nº 2.314, de 4 de setembro de 1997. **Diário oficial da União**. Poder executivo, Brasília, DF, 5 set. 1997.

BRESSIANI, Carlo Enrico. **Artigo: 'O crescimento de 39,6% no número de cervejarias em 2016 é espetacular', 2017**. Disponível em: <<http://blogs.oglobo.globo.com/aqui-se-bebe/post/artigo-o-crescimento-de-396-no-numero-de-cervejarias-em-2016-e-espetacular.html>>. Acesso em: 24 de jul. 2017.

CARVALHO, G. B. M. **Obtenção de cerveja usando banana como adjunto e aromatizante**. 2009. 163f. Tese (Doutorado – Programa de pós-graduação em biotecnologia industrial. Área de concentração: Conversão de biomassa) – Escola de Engenharia de Lorena, USP, Lorena, 2009.

CASEY, G. P.; MAGNUS, C. A.; INGLEDEW, W. M. High gravity brewing: effects of nutrition on yeast composition, fermentative ability, and alcohol production. **Applied and Environmental Microbiology**, v.48, n. 3, p. 639-646, 1984.

DOURTMUND, Cervejaria. **Processo de fabricação**, 2017. Disponível em: <<http://www.dortmund.com.br/fabricacao.php>>. Acesso em: 12 de set. 2017.

FIGUEIREDO, A. M.; CARVALHO, L.L.; **Produção e avaliação sensorial de cerveja utilizando farinha de banana verde como adjunto de malte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas– Campus de Poços de Caldas, MG 2014.

HOUGH, J. S. **The biotechnology of malting and brewing**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 587 p.

HOMINILÚPULO. **Conhecendo os estilos: IPA**, 2014. Disponível em:<
<http://www.hominilupulo.com.br/beber-e-comer/degustacao/conhecendo-os-estilos-ipa/>>.

Acesso em: 31 de ago. 2017.

INNOVARE. **O consumo de cerveja no Brasil, 2016**. Disponível em:<
<http://www.innovarepesquisa.com.br/blog/o-consumo-de-cerveja-brasil/>>. Acesso em: 24 de jul. 2017.

KUNZE, Wolfgang. **Tecnología para Cerveceros y Malteros**. Primera edición em español. Berlin: VLB, 2006.

MATOS, R. G. M. **Produção de cervejas artesanais, avaliação de aceitação e preferência, e panorama do mercado**. 2011. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso/Relatório de Estágio do Curso de Graduação em Agronomia. Florianópolis, 2011.

PALMER, J. **How to brew**.3. ed. Nova Iorque: BrewerAssociation, 2006.

PAULIN, Igor. **Veja**. 2011, 2206, pp. 114-116.

PINTO, L. I. F. **Acerola (Malpighia emarginata DC) e Abacaxi (Ananas comosus L. Merrill) como adjunto no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade**. Fortaleza, 2015. 87f. Dissertação (Mestrado- Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento de tecnologia de alimentos, Universidade Federal do Ceará – Campus de Fortaleza-Ce.

SANTOS, J. A. F. **Biblioteca Vida um Guia de Autossuficiência - Como Fazer Cerveja**. São Paulo, Editora TRES, 1985.

SEBRAE, Relatório de Inteligência Setorial. **Cervejas Artesanais**, 2015. Disponível em:<
<https://www.sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/relatorios-de-inteligencia/cervejas-artesanais/55c4ad3614d0c01d007ffeae>>. Acesso em: 24 de jul. 2017.

SICOBÉ. **Sistema de Controle de Produção de Bebidas**. Receita Federal. <http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/LegisAssunto/Sicobe.htm>. Acesso em 24 de julho de 2017..

SINDICERV – **Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja**. Panorama de Mercado Cervejeiro Brasileiro. Disponível em:<<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>. Acesso em: 30 de ago. 2017.

- SILVA, D. P. **Produção e avaliação sensorial da cerveja obtida a partir de mostos com elevadas concentrações de açúcares**. 2005. 177f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Química de Lorena, USP, Lorena, 2005.
- STEWART, G. G. Adjuncts. In: HARDWICK, W. A. **Handbook of Brewing**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.121-132.
- THOMAS, K. C.; HYNES, S. H.; INGLEDEW, W. M. **Practical and theoretical considerations in the production of high concentrations of alcohol by fermentation**. Process Biochemistry, v. 31, n. 4, p. 321-331, 1996.
- TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e Cervejarias. A História, a Arte e a Tecnologia**. São Paulo: Editora Aden, 2001. 223 p.
- VENTURINI FILHO, W. G. **Farinhas de mandioca como adjunto de malte na fabricação de cerveja: avaliação analítica, sensorial, energética e econômica**. Botucatu: FCA/UNESP, 1995. 51p. Relatório de Pesquisa.
- VENTURINI FILHO, W.G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Blucher, 2010, v1, p 14-50.
- YOUNIS, O. S.; STEWART, G. G. Effect of malt wort, very high gravity malt wort, and very high gravity adjunct wort on volatile production in *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of the American Society of the Brewing Chemists**, v. 57, n. 2, p. 39-45, 1999.